

职业技术教育电类系列教材

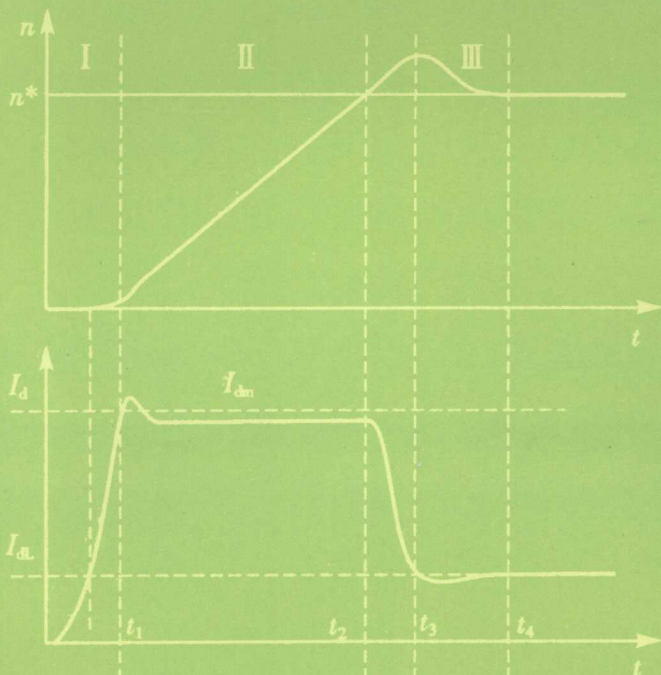
ZHIYE JISHU JIAOYU DIANLEI XILIE JIAOCAI

自动控制原理与系统

安徽省高等教育规划教材

ZIDONG KONGZHI YUANLI YU XITONG

● 主编 王超 副主编 杨林国 陈慧芳



 安徽科学技术出版社



安徽省教育规划教材

安徽省教育规划教材

安徽省高等教育规划教材

自动控制原理与系统

●主 编 王 超

副主编 杨林国 陈慧芳

参 编 吴凯民 代慧芳 刘 丽

主 编 王 超

参 编 吴凯民 代慧芳 刘 丽

编 者 王 超

副 编 杨林国 陈慧芳

参 编 吴凯民 代慧芳 刘 丽

安徽科学技术出版社

ISBN 7-310-03112-1

32开

380页

2008年1月第1版

30.00元

（本书经安徽省教育规划委员会立项，安徽省教育规划教材）

安徽科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理与系统/王超主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2008.1

(职业技术教育电类系列教材)

ISBN 978-7-5337-3811-2

I. 自… II. 王… III. ①自动控制理论-技术教育-教材②自动控制系统-技术教育-教材 IV. TP13 TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 009672 号

王超 主编

王超 主编

王超 主编

自动控制原理与系统

王超 主编

出版人:朱智润

责任编辑:何宗华 期源萍

封面设计:武迪

出版发行:安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路1118号
出版传媒广场,邮编:230071)

电话:(0551)3533330

网址:www.ahstp.net

E-mail:yougoubu@sina.com

经销:新华书店

排版:安徽事达科技贸易有限公司

印刷:合肥晓星印刷有限责任公司

开本:787×1092 1/16

印张:16

字数:380千

版次:2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

定价:29.00元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

前 言

本书根据高等职业教育“淡化理论,够用为度,培养技能,重在应用”的原则,参照国家高级技术工人和技师职业技能鉴定考核标准编写,可作为电气自动化技术专业及其他相关专业的教学用书。

“自动控制原理与系统”课程是电气自动化专业的重要专业课程之一。本教材在编写过程中,力求做到深入浅出,图文并茂,表达清晰,并力求按专业实践的规律和初学者的认识规律编写。编写宗旨是为了激励学生勤于思考,掌握分析问题的方法,提高解决实际问题的能力。

全书共十二章,主要包含两个部分的内容:第一部分为自动控制原理;第二部分为调速系统。本书内容具有以下几个特点:

1. 考虑职业教育的特点和学生的基础水平,引入工程上常用的经典控制原理,以适应自动化技术的发展对生产第一线的技术人员提出的新要求。

2. 注意将新技术应用于经典控制系统的分析。本书用较大的篇幅介绍了 MATLAB 软件、SIMULINK 工具箱在控制系统分析和设计中的使用。

3. 注意结合调速系统实例介绍自动控制原理;注重运用自动控制理论分析和设计调速系统。

4. 随着电子器件的不断发展,脉冲宽度调制得到了不断的发展,PWM、SPWM 控制技术逐渐代替移相控制,因而在调速系统部分专门介绍了 PWM、SPWM 控制的原理和实现方法。

5. 考虑部分学校没有开设变频器应用基础的课程,因而在本书最后一章适量介绍了当前常用变频器的工作原理。

本书由安徽机电职业技术学院王超任主编,安徽职业技术学院杨林国、芜湖职业技术学院陈慧芳任副主编。具体分工为:王超编写第一、三、六、七章,杨林国编写第八、九章,陈慧芳编写第四章,安徽机电职业技术学院吴凯民编写第二章,淮北职业技术学院代慧芳编写第五章,安徽职业技术学院刘丽编写第十、十一、十二章。全书由王超统稿。

本书在编写过程中,参考了许多图书和论文资料,在此向作者表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中可能存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录



第一章 自动控制系统概述	1
第一节 自动控制系统术语	1
第二节 开环控制和闭环控制	2
第三节 自动控制系统的组成	4
第四节 自动控制系统的分类	6
第五节 对控制系统的性能要求	7
第六节 研究自动控制系统的方法	8
本章小结	9
思考题与习题	9
第二章 拉普拉斯变换及其应用	11
第一节 拉氏变换的概念	11
第二节 拉氏变换的运算定理	14
第三节 拉氏反变换	18
第四节 应用拉氏变换求解微分方程	21
本章小结	22
思考题与习题	22
第三章 自动控制系统的数学模型	24
第一节 数学模型简介	24
第二节 典型环节的传递函数	28
第三节 框图	36
第四节 自动控制系统的传递函数	43
第五节 MATLAB 软件及其应用简介	47
本章小结	55
思考题与习题	57
第四章 自动控制系统的性能分析	59
第一节 自动控制系统的时域分析法	59
第二节 自动控制系统的频域分析法	74
第三节 MATLAB 软件在系统性能分析中的应用	93
本章小结	99

思考题与习题	102
第五章 改善控制系统性能的途径	106
第一节 系统校正的概述	106
第二节 串联校正	109
第三节 反馈校正	119
第四节 复合校正	120
第五节 自动控制系统的—般设计方法	122
本章小结	126
思考题与习题	127


第二篇 调速系统

第六章 单闭环直流调速系统	129
第一节 直流调速系统的基本概念	129
第二节 转速负反馈有静差调速系统	132
第三节 转速负反馈无静差调速系统	141
第四节 单闭环调速系统实例	144
本章小结	148
思考题与习题	149
第七章 转速、电流双闭环直流调速系统	150
第一节 转速、电流双闭环调速系统	150
第二节 双闭环调速系统的性能	152
第三节 双闭环调速系统工程设计	156
本章小结	163
思考题与习题	163
第八章 可逆直流调速系统	165
第一节 可逆调速系统主电路	165
第二节 可逆系统中的环流	168
第三节 逻辑无环流可逆调速系统	170
第四节 直流调速系统的 MATLAB 仿真分析与优化设计	173
本章小结	176
思考题与习题	176
第九章 直流脉宽调速系统	177
第一节 脉宽调制(PWM)放大器主电路	177
第二节 脉宽调速系统的控制电路	181
第三节 直流脉宽调速系统实例	183
本章小结	185
思考题与习题	186

第十章 位置随动系统·····	187
第一节 位置检测与位置驱动·····	187
第二节 位置随动系统的控制方案和基本类型·····	194
第三节 位置随动系统的控制性能与校正设计·····	199
本章小结·····	204
思考题与习题·····	204
第十一章 交流调压调速和串级调速系统·····	205
第一节 概述·····	205
第二节 交流调压调速系统·····	207
第三节 异步电动机串级调速系统·····	212
本章小结·····	220
思考题与习题·····	221
第十二章 异步电动机变频调速系统·····	222
第一节 变频调速原理·····	222
第二节 SPWM 逆变器·····	227
第三节 V/F 变频调速系统·····	232
第四节 矢量控制变频调速系统·····	238
本章小结·····	244
思考题与习题·····	245
参考文献·····	246

第一篇 自动控制原理

第一章 自动控制系统概述

自动控制理论是研究各种自动控制过程共同规律的技术学科。1948年 美国科学家维纳(Weiner)在对控制工程技术总结的基础上,出版了划时代的著作《控制论》,书中对控制理论进行了系统的阐述。控制理论虽是从实际问题中提炼上升的理论,但控制理论对生产力的发展、尖端技术的研究与尖端武器的研制以及社会管理系统等都具有重要的指导作用,并迅速渗透到许多科学领域,产生众多的边缘学科。

自动控制技术的应用不仅实现了生产过程的自动化,极大地提高了劳动生产率 and 产品质量,改善了劳动条件,而且在人类探索新能源、发展空间技术等方面起着极为重要的作用。可以说,自动控制已成为推动经济发展,促进社会进步所必不可少的一门技术,掌握有关自动控制的知识显得越来越重要。本章主要介绍自动控制的一般概念、自动控制系统的基本组成、自动控制系统的分类、自动控制系统的性能指标和对控制系统的基本要求以及设计方法,详细分析了开环控制和闭环控制的特点。

第一节 自动控制系统术语

所谓系统,就是通过执行规定功能,实现预定目标的一些相互关联单元的组合体。在工程领域中,系统可以是电气、机械、气动和液动或它们的组合。不同的系统所要完成的任务也不同。有的要求某物理量(如温度、压力、转速等)保持恒定,有的则要求按一定规律变化。我们将这些需要控制的物理量定义为系统的被控量或输出量。作用于系统的激励信号定义为系统的控制量或参考输入量。

图 1-1 是晶闸管供电直流电动机系统图,由放大器、触发器、晶闸管可控整流器组成调速系统对直流电动机转速进行调节。图中直流电压经电位器 RP 分压后得到与电动机转速对应的给定电压 U_s ,经放大器 A 放大后得到控制信号 U_c ,再经触发整流装置得到电机端电压 U_d 。电机的转速 n 随着 U_d 的变化而变化。本系统的预定目标是根据给定的电压调节电机的转速,电动机的转速是被控量,给定电压 U_s 是控制量。电动机是接受控制的装置,常被称为被控对象、被控装置或被控系统。对被控对象进行控制的所有元件称为施控装置。施控装置的输出量 U_d ,即被控对象的输入量,称为操纵量。直接改变操纵量的元件称为执行装置或未级施控装置。

所谓自动控制,是指在没有人参与的情况下,通过控制装置(或控制器)使生产设备和工艺过程按预定的规律运行,达到要求的指标。自动控制系统性能的优劣,将直接影响到产品的产

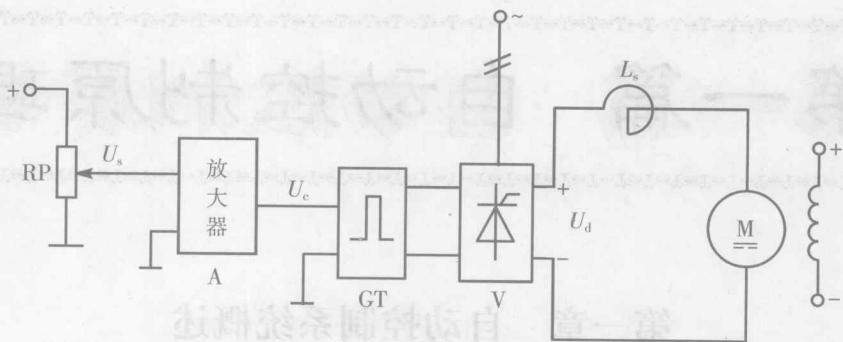


图 1-1 晶闸管供电直流电动机系统图

量、质量、成本、劳动条件和预期目标的完成。自动控制系统是为实现某一控制目标所需要的所有装置的有机组合体。例如,家用电冰箱能保持恒温;高楼水箱能保持恒压供水;电网电压和频率自动保持不变;火炮根据雷达指挥仪传来的信息,能够自动地改变方位角和俯仰角,随时跟踪目标;人造卫星能够按预定的轨道运行并返回地面;程序控制机床能够按预先排定的工艺程序自动地进刀切削,加工出预期几何形状的零件;焊接机器人能自动地跟踪预期轨迹移动,焊出高质量的产品。所有这些自动控制系统的例子,尽管它们的结构和功能各不相同,但它们有共同的规律,即它们被控制的物理量保持恒定,或者按照一定的规律变化。

在自动控制系统中,妨碍控制量对被控量进行正常控制的所有因素称为扰动量。例如,图 1-1 中触发器放大倍数的变化,外接交流电源的电压波动,电动机负载的变化等,这些都看成是扰动量。扰动量和控制量都是自动控制系统的输入量。扰动量按其来源可分为内部扰动和外部扰动。内部扰动是指来自系统内部的扰动,如系统元件参数的变化。来自系统外部的扰动称为外扰动,如电动机负载的变化、电网电压的波动、环境温度的变化等。在控制系统中如何使被控制量按照预定的变化规律变化而不受扰动的影响,这是控制系统所要解决的最基本的问题。

第二节 开环控制和闭环控制

自动控制系统的结构形式多种多样。若通过某种装置使系统的输出量反过来影响系统的输入量,这种作用称为反馈作用。反馈环节构成的回路称为环。控制系统按照是否设有反馈环节,可以分为两类:一类是开环控制系统,另一类是闭环控制系统。若要实现复杂且精度较高的控制任务,可将开环控制和闭环控制结合在一起,形成复合控制。

一、开环控制

如果系统的输出端和输入端之间只有顺向作用而不存在反馈回路,即没有输出量反向影响输入的控制作用,这样的系统称为开环控制系统。在开环控制中,不对被控量进行任何检测,输出端和输入端之间不存在反馈联系。上述的图 1-1 为一开环速度控制系统,其控制框图如图 1-2 所示,它根据控制量 U_s 的大小来控制电动机的转速 n 的变化。由此可见,这类控制系统的优点是结构简单、成本低,也容易稳定;缺点是当受控对象、控制装置受到干扰,或者在工作过程中元件特性发生变化而影响被控制量时,系统不能进行自动补偿,所以控制精度难以保证。因此,只有在系统扰动因素产生的误差可以预知,或调速性能要求不高的场合才使用

开环控制。当无法预计的扰动因素使被控制量产生的偏离超过允许限度时,开环控制系统便无法胜任了,这时就应考虑采用闭环控制系统。

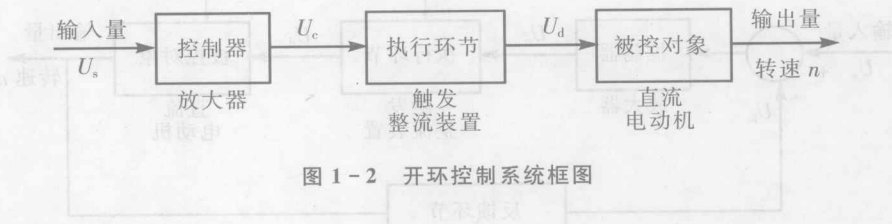


图 1-2 开环控制系统框图

二、闭环控制

为了消除或减少扰动的影响,常采用闭环控制系统。闭环控制系统又称为反馈控制系统,这类系统的输出端与输入端之间存在反馈回路,输出量反馈与输入量共同完成控制作用。如果对图 1-1 所示开环控制系统引入反馈回路,即用测速发电机检测被控制量(转速),然后反馈到输入端,则构成闭环控制系统,如图 1-3 所示。图中电动机轴上连接一台永磁式直流测速发电机 TG,输出电压经 RP_2 分压后变为与转速成正比的反馈电压 U_m 。输入量 U_s 与反馈电压 U_m 共同作用在放大器输入端,得到偏差电压 $\Delta U = U_s - U_m$ 。此偏差电压经放大器放大和触发整流装置产生电枢电压 U_d 去驱动他励直流电动机。其自动控制框图如图 1-4 所示。由于反馈电压 U_m 的存在使放大器输入电压变小,这类系统称为负反馈系统;如果反馈电压的存在使放大器输入电压变大,则称为正反馈。

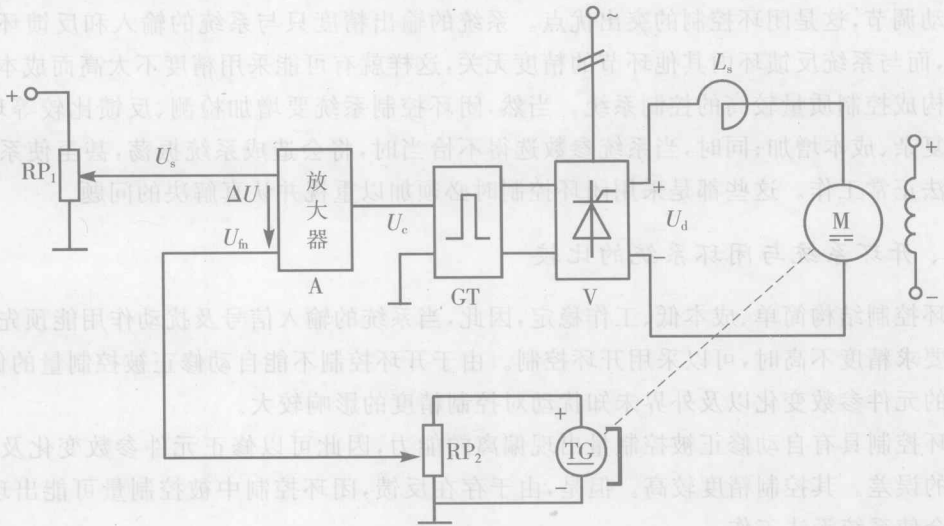


图 1-3 直流电动机闭环调速系统原理图

图 1-4 所示的闭环控制系统中,输出转速 n 取决于输入量 U_s 。但是,对于电网电压波动、负载变化以及除反馈环节以外的所有回路内参数变化引起的转速变化,可以自动进行调节,抑制转速变化。例如,当输入量 U_s 不变,突加负载 T_L ,使电枢电流增大,电枢压降增大,电动机转速和转速反馈电压 U_m 下降,从而使偏差电压 ΔU 、控制电压 U_c 、电枢电压 U_d 增加,被控量 n 回升,从而补偿了由于负载增加而造成的转速下降,电机转速基本不变。上述的自动调节过程如图 1-5 所示。

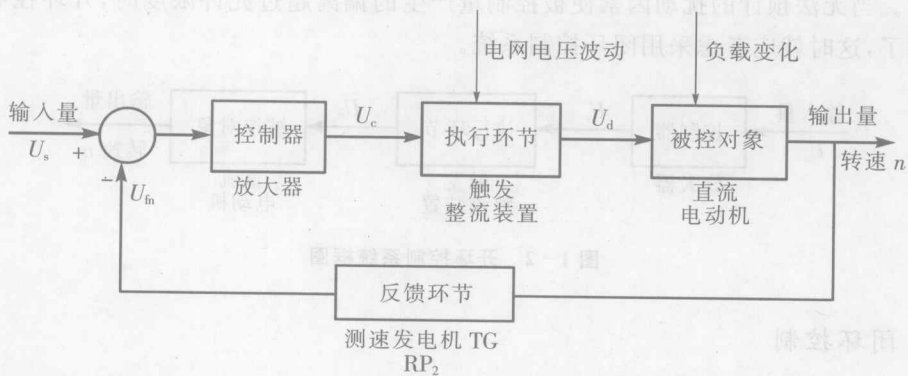


图 1-4 闭环控制系统框图

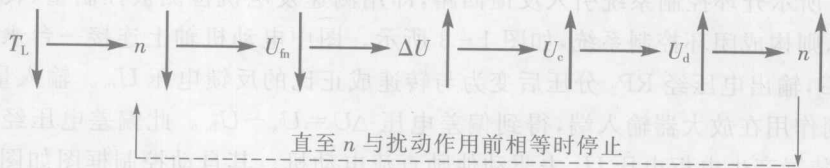


图 1-5 负载变化自动调节过程

由于在闭环控制系统中采用了负反馈，因而被控制量对于外部或内部扰动所引起的误差能够自动调节，这是闭环控制的突出优点。系统的输出精度只与系统的输入和反馈环节的精度有关，而与系统反馈环内其他环节的精度无关，这样就有可能采用精度不太高而成本比较低的元件构成控制质量较高的控制系统。当然，闭环控制系统要增加检测、反馈比较等环节，会使系统复杂、成本增加；同时，当系统参数选得不恰当时，将会造成系统振荡，甚至使系统不稳定而无法正常工作。这些都是采用闭环控制时必须加以重视并认真解决的问题。

三、开环系统与闭环系统的比较

开环控制结构简单、成本低、工作稳定，因此，当系统的输入信号及扰动作用能预先知道并且系统要求精度不高时，可以采用开环控制。由于开环控制不能自动修正被控制量的偏离，因此系统的元件参数变化以及外界未知扰动对控制精度的影响较大。

闭环控制具有自动修正被控制量出现偏离的能力，因此可以修正元件参数变化及外界扰动引起的误差。其控制精度较高。但是，由于存在反馈，闭环控制中被控制量可能出现振荡，严重时会使系统无法工作。

第三节 自动控制系统的组成

为了表明自动控制系统的组成，可将系统中各个部分都用一个方框来表示，并在框中填入它所代表的部件名称，不必画出它们的具体结构。根据信号在系统中的传递方向，用有向线段依次把各个方框连接起来，并标明相应的信息，就得到了系统的组成框图。闭环控制系统组成框图的一般形式如图 1-6 所示，主要包括以下基本环节。

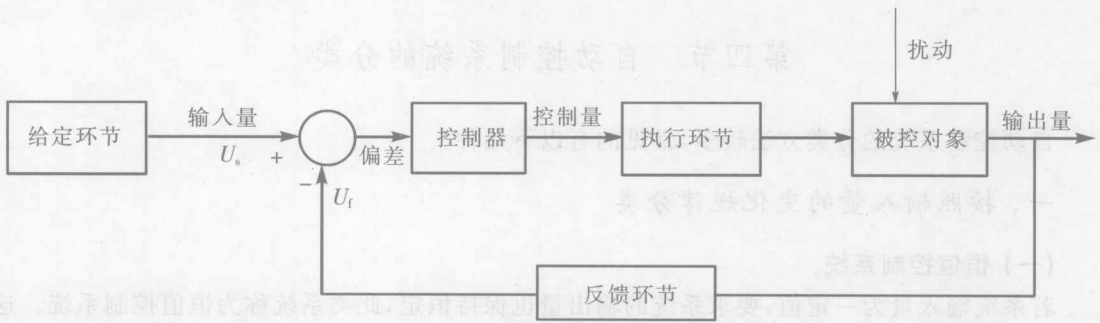


图 1-6 自动控制系统典型框图

1. 给定环节

它是提供系统所需输入量的装置,由它调节给定信号,实现输出量大小的调节。给定环节的精度对被控制量的控制精度有较大影响,在控制精度要求较高时,可采用数字给定装置。

2. 比较环节

具有两个输入和一个输出信号,其输出信号是输入信号的代数和。信号方向用箭头表示,信号代数和用正负号表示。图 1-6 中比较环节将输出量的检测值与输入量进行比较,确定两者之间的偏差量。

3. 控制器

将偏差信号变换成适于执行机构的控制量信号。由于偏差量功率较小或者物理性质不同,往往不能直接作用于执行环节。除此之外,还希望中间环节能够按某种规律对偏差信号进行运算,用运算的结果控制执行环节,以改善被控制量的性能。

4. 执行环节

直接作用于控制对象,使输出量达到所要求的数值。

5. 被控对象

是指要进行控制的设备或过程,如前面所举例中的电动机。控制系统所控制的某个物理量,就是系统的被控制量或输出量,如电动机的转速、加热炉的温度等。闭环控制系统的任务就是控制这些系统输出量的变化规律,以满足生产工艺的要求。

6. 反馈环节

通过检测装置测量系统输出的实际值,并转换成相应的量送给比较环节处理。常用的检测装置有测量温度的热电偶、测量转速的测速发电机等。检测装置的精度和特性直接影响控制系统的控制品质,它是构成自动控制系统的关键性元件,所以一般应要求检测装置的测量精度高、反应灵敏、性能稳定等。

图 1-6 中首先通过比较环节得到系统输出期望值与实际输出值(反馈量)的偏差,然后经控制器得到系统的控制量,最后经执行环节驱动被控对象朝着偏差减小的方向运动。系统的组成框图清楚地表明了各环节之间的关系和信号的传递方向。信号由输入量流至输出量的通道称为正向通道,信号从输出量流至输入量比较环节的通道称为反馈通道。

一般说来,尽管自动控制系统的控制任务各不相同,以及所使用元件结构和能源形式均有所不同,但就其信号的传递、变换的职能来说,都可抽象成如图 1-6 所示的框图。

第四节 自动控制系统的分类

自动控制系统的分类方法较多,常见的有以下几种。

一、按照输入量的变化规律分类

(一) 恒值控制系统

若系统输入量为一定值,要求系统的输出量也保持恒定,此类系统称为恒值控制系统。这类控制系统的任务是保证在扰动作用下被控量始终保持在给定值上。在生产过程中,恒转速控制、恒温控制、恒压控制、恒流量控制、恒液位高度控制等大量的控制系统都属于这一类系统。

对于恒值控制系统,着重研究各种扰动对输出量的影响,以及如何抑制扰动对输出量的影响,使输出量保持在预期值。

(二) 随动控制系统

若系统的输入量是变化规律未知的函数(通常是随机的),要求输出量能够准确、迅速跟随输入量的变化,此类系统称为随动控制系统,如火炮控制系统、雷达自动跟踪系统、刀架跟踪系统、轮舵控制系统等。

对于随动控制系统,由于系统的输入量是随时变化的,研究的重点是系统输出量跟随输入量的准确性和快速性。

(三) 程序控制系统

若系统的输入量不为常值,但其变化规律是预先知道和确定的,要求输出量与给定量的变化规律相同,此类系统称为程序控制系统。例如,热处理炉温度控制系统的升温、保温、降温过程都是按照预先设定的规律进行控制的,所以该系统属于程序控制系统。此外,数控机床的工作台移动系统、自动生产线等都属于程序控制系统。程序控制系统可以是开环系统,也可以是闭环系统。

二、按照系统传递信号的特点分类

(一) 连续控制系统

从系统中传递的信号来看,若系统中各环节的信号都是时间 t 的连续函数,即模拟量,此类系统称为连续控制系统。连续控制系统的性能一般是用微分方程来描述的。信号的时间函数允许有间断点,或者在某一时间范围内为连续函数。

(二) 离散控制系统

若系统中有一处或多处信号为时间的离散信号,如脉冲信号或数码信号,此类系统称为离散控制系统或采样数据系统。它的特点是系统中有的信号是断续量,例如脉冲序列、采样数据量和数字量等。这类信号在特定的时刻才取值,而在相邻时刻的间隔中信号是不确定的。通常,采用数字计算机控制的系统都是离散控制系统。离散控制系统的特性可用差分方程来描述。

三、按照系统的元件特性分类

若一个元件的输入与输出特性是线性的,则称该元件为线性元件。严格地讲,在实际的物

理系统中是不存在线性系统的,但是当非线性不显著或工作范围不大,为了研究方便,通常都视为是线性的。输入与输出特性中存在典型非线性(如饱和、死区、摩擦、间隙等)的元件,称为非线性元件。

(一) 线性控制系统

若组成系统的所有元件都是线性的,此类系统称为线性控制系统。系统的性能可以用线性微分方程来描述。线性系统的一个重要性质就是可以使用叠加原理,即几个扰动或控制量同时作用于系统时,其总的输出等于各个输入量单独作用时的输出之和。

(二) 非线性控制系统

若系统中有一个非线性元件,此类系统称为非线性系统。该类系统的性能往往要采用非线性方程来描述。叠加原理对非线性系统无效。

四、按系统中的参数对时间的变化情况分类

(一) 定常系统

从系统的微分方程来看,若微分方程的所有系数不随时间变化,此类系统称为定常系统。此类系统是本书讨论对象。定常系统又称时不变系统,它的输出量与输入量间的关系用定常微分方程来描述。

(二) 时变系统

若微分方程中有的参数是时间 t 的函数,它随时间变化而改变,此类系统称为时变系统,例如宇宙飞船控制系统。

除了以上的分类方法外,还有其他一些方法。例如,按系统主要组成元件的类型来分类,可分为电气控制系统、机械控制系统、液压控制系统、气动控制系统等。本书只讨论连续控制的线性定常系统。

第五节 对控制系统的性能要求

一个理想的控制系统,系统的输入量和输出量应时时相对应,运行中没有偏差,完全不受干扰的影响。而实际上,由于机械质量和惯量的存在,电路中储能元件存在,以及能源的功率限制,使得运动部件的加速度不会太大,速度和位移不能突变,所以当系统输入量变化或有干扰信号作用时,其输出量可能要经历一个逐渐变化的过程才能到达一个稳定值。系统受到外加信号作用后,输出量随时间变化的全过程称为动态过程。输出量处于相对稳定的状态,称为静态或稳态。在本书中,输入量用 $r(t)$ 来表示;输出量用 $c(t)$ 来表示;偏差量用 $e(t)$ 来表示;扰动量用 $d(t)$ 来表示。

系统的动态品质和稳态性能可用相应的指标衡量。工程上常从稳定性(简称稳)、快速性(简称快)和准确性(简称准)三个方面来分析系统的性能。

一、稳定性

稳定性是指系统受到外作用后产生振荡,经过一段时间的调整,系统能抑制振荡,使其输出量趋近于期望值。对于稳定的系统,随着时间的延长其输出量趋近于期望值,如图 1-7 所示;对于不稳定的系统,其输出量发散,如图 1-8 所示。显然,不稳定的系统是无法工作的。因此,任何一个自动控制系统首先必须是稳定的,这是对自动控制系统提出的最基本的要求。

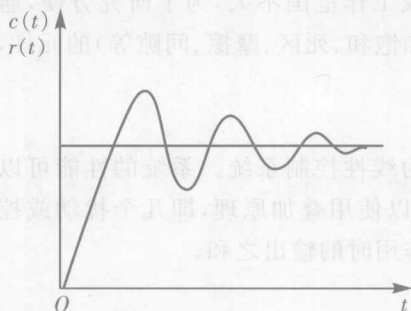


图 1-7 稳定系统的动态过程

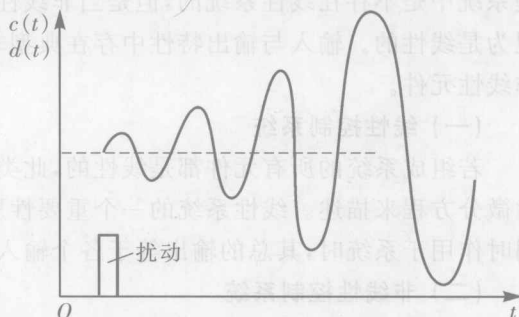


图 1-8 不稳定系统的动态过程

二、快速性

快速性是指系统动态过程经历时间的长短。动态过渡过程时间越短,系统的快速性越好,即具有较高的动态精度。通常,系统的动态过程多是衰减振荡过程,如图 1-7 所示,输出量变化很快,以致输出量产生超出期望值的波动;经过几次振荡后,达到新的稳定工作状态。稳定性和快速性是反映系统动态过程好坏的尺度。

三、准确性

准确性指过渡过程结束后被控制量与希望值接近的程度,常用稳态误差来表示。所谓稳态误差,指的是动态过程结束后系统又进入稳态,此时系统输出量的期望值和实际值之间的偏差值。它表明了系统控制的准确程度。稳态误差越小,则系统的稳态精度越高。若稳态误差为零,则系统称为无差系统;若稳态误差不为零,则系统称为有差系统。

考虑到控制系统的动态过程在不同阶段的特点,工程上常常从稳、快、准三个方面来评价系统的总体精度。例如,恒值控制系统对准确性要求较高,随动控制系统则对快速性要求较高。同一系统中,稳定性、快速性和准确性往往是相互制约的。求稳,有可能引起系统的快速性变差、精度变低;求快,则可能加剧振荡,甚至引起不稳定。怎样根据不同的工作任务,在保证系统稳定的前提下,兼顾系统的快速性和准确性,满足实际系统指标,这是本书要研究的问题。

第六节 研究自动控制系统的方法

自动控制理论是本书的第一篇,它是研究自动控制共同规律的技术学科。它分为经典控制理论和现代控制理论两个部分。

经典控制理论是建立在传递函数基础之上的,通过时域法、频率法和根轨迹法研究单输入单输出系统的输出控制。具体的分析步骤是:

(1)通过定性分析,明确系统的工作原理。即定性了解各个环节或元件的功能和基本特性,以及整个系统的功能和工作原理。

(2)根据不同的分析方法,建立不同形式的数学模型。微分方程是时域数学模型,它是时域分析的依据;传递函数、功能框和框图是系统复频域数学模型,它是复频域分析的依据;频率特性和波德图是频域的数学模型,它是频率响应分析的基础。

(3)选取恰当的方法,定量分析系统的“稳、快、准”性能。常用的分析方法有时域分析法、

频率响应分析法和根轨迹法等。由于这几种方法各有所长,所以长期以来是并行使用的。

(4)在系统分析的基础上,确定改善系统性能和技术指标的有效途径。这就是系统的校正和设计。

现代控制理论是基于状态空间模型,研究多输入多输出控制系统及变参数非线性系统,实现最优控制和自适应控制等。由于现代控制理论研究的精确模型难以得到,故经典控制理论的分析方法仍是工程实践的重点,也是本书介绍的重点。

调速系统是本书的第二篇,它是自动控制原理在电力拖动系统中的具体应用。具体的分析方法是:

(1)对常见的调速系统进行定性分析,明确系统的组成和工作原理。

(2)应用自动控制原理,建立系统框图,分析其静态、动态性能。

(3)根据自动控制原理中控制系统性能改善的途径,选择适当的调节器,满足系统要求的性能和技术指标。

(4)完成整个调速系统的设计和调试。

近年来, MATLAB 在控制系统的仿真和设计中得到了广泛的应用,借助 MATLAB 的数值运算很容易得到系统的时域响应曲线、波德图和零极点分布图。MATLAB 中的 SIMULINK 更是为自动控制系统的仿真、分析和设计提供了强有力的工具。

本章小结

(1)开环控制系统结构简单、稳定性好,但不能自动补偿扰动对输出量的影响。当系统扰动量产生的偏差可以预先进行补偿或影响不大时,采用开环控制是有利的。当扰动量无法预计或控制系统的精度达不到预期要求时,则应采用闭环控制。

(2)闭环控制系统具有反馈环节,它能依靠反馈环节进行自动调节,以克服扰动对系统的影响。闭环控制极大地提高了系统的精度,但是使系统的稳定性变差,这一点需要重视并加以解决。

(3)自动控制系统通常由给定环节、检测环节、比较环节、放大元件、被控对象和反馈环节等部件组成。系统的作用量和被控制量有:给定量、反馈量、扰动量、输出量和各中间变量。

(4)自动控制系统的性能指标有:

①稳定性——系统能工作的首要条件;

②快速性——用系统在动态过程中的响应速度和被控制量的波动程度描述;

③准确性——用稳态误差来衡量。

思考题与习题

1. 什么是系统?什么是自动控制?
2. 什么是开环控制与闭环控制?试比较它们的特点。
3. 试分别列举几个日常生活中的闭环和开环控制系统的例子,并说明它们的工作原理。
4. 组成自动控制系统的主要元件有哪些?它们各起什么作用?
5. 恒值控制系统和随动系统各自的主要特点是什么?判断下列系统属于哪一类系统:空

调、燃气热水器、自动跟踪雷达、家用交流稳压器。

6. 仓库大门自动控制系统如图 1-9 所示。试说明自动控制大门开启和关闭的工作原理。如果大门不能全开或全关,则应如何进行调整? 画出系统的组成框图。

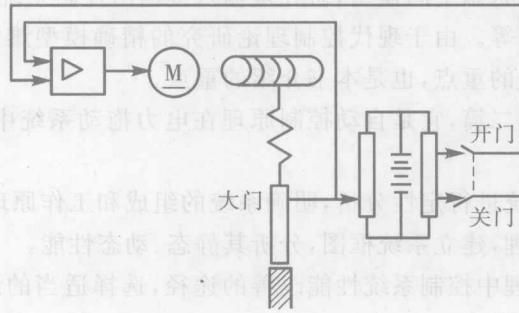


图 1-9 题 6 图

7. 洗衣机控制系统的方框图如图 1-10 所示,试设计一个闭环控制的洗衣机系统方框图。

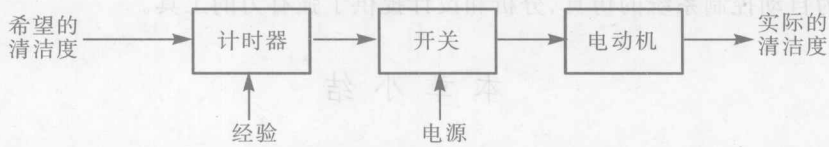


图 1-10 题 7 图

8. 衡量一个自动控制系统的性能指标主要有哪些? 它们是如何定义的?